



Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»

**ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО
ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО
МОДУЛЮ 6 ТЕОРИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ПРОЦЕССОВ
ПЕРЕРАБОТКИ СЫРЬЯ**

Направление подготовки	<u>22.04.02 <i>Металлургия</i></u>
Направленность (профиль)	<u><i>Обогащение и подготовка сырья к металлургической переработке</i></u>
Уровень высшего образования	<u><i>магистратура</i></u> <i>(бакалавриат, специалитет, магистратура)</i>
Квалификация выпускника	<u><i>магистр</i></u>

Авторы-разработчики: Газалеева Г.И., д-р. техн. наук, Игнаткина В.А. д-р. техн. наук,
доцент, Немчинова Л.А., канд. техн. наук, Лобанов В.Г., канд. техн. наук,
Рассмотрено на заседании кафедры обогащения полезных ископаемых.
Одобрено Методическим советом университета 18 октября 2021 г., протокол № 6

г. Верхняя Пышма
2021

Задания и методические указания для студентов по выполнению практических работ по модулю 6 Теория, технология и техника процессов переработки сырья.

Практические занятия являются формой аудиторных занятий. Практические работы по модулю имеют целью под руководством преподавателя на практике закрепление и углубление изученного материала и приобретение умений и навыков.

Студентам для лучшего усвоения материала рекомендуется вести запись информации, полученной во время обсуждения вопросов на практических занятиях.

Тематика практических работ

- Определение коэффициента измельчаемости руд.
- Определение оптимальных размеров шаров (стержней) и режим их догрузки в мельницу.
- Изучение методики проведения экспериментов по имитации замкнутого цикла в мельнице.
- Расчет циркулирующей нагрузки для одностадиальной схемы измельчения.
- Расчет основных показателей производительности структурных элементов секции по исходному питанию.
- Ионно-молекулярное состояние флотореагентов в жидкой фазе
- Модификаторы. Механизм их действия и выбор при флотации упорных руд цветных металлов
- Выбор и обоснование режима разделения коллективных Pb-Cu, Pb-Zn, Cu-Zn, Cu-Mo и Zn-Pu концентратов
- Флотомашин. Классификация. Область применения. Расчет камерных флотомашин
- Взаимосвязь вещественного состава и реагентного режима
- Разработка технологии флотации
- Вещественный состав медно-цинковых руд и выбор схемы их обогащения
- Расчет модификаций качественно-количественных и водно-шламовых схем измельчения и классификации
- Расчет модификаций качественно-количественных и водно-шламовых схем флотации
- Расчет качественно-количественных и водно-шламовых схем флотации и измельчения при проведении опробования.
- Расчет и выбор основного технологического оборудования.
- Расчет основных параметров технологии КВ
- Расчет конусного цементатора для цементации меди
- Определение теоретического и практического числа ступеней экстракции
- Расчет экстракторов смесительно-отстойного типа
- Определение статической и динамической обменной емкости

Практические работы по теме модуля: «Теория, технология и техника процессов измельчения минерального сырья»

Практическая работа № 1.

Тема: Определение коэффициента измельчаемости руд.

Тип практического задания – расчетная работа

Устные вопросы по теме практического задания:

Какая крупность исходной руды должна быть при шаровом лабораторном измельчении?

Какая должна быть шаровая загрузка при исследовании измельчаемости руд?

Приведите формулу удельной производительности мельницы по вновь образованному классу крупности.

Чему равен коэффициент измельчаемости?

Практическое задание: По данным, приведенным в таблице, определить относительную измельчаемость по классу -0,074 мм свинцово-цинковой руды при ее измельчении от 50 до 80 % класса -0,074 мм и по сравнению с медной рудой средней крепости, принятой в качестве эталона.

Данные к заданию:

Результаты опытов по определению измельчаемости исследуемой свинцово-цинковой руды (числитель) и эталонной медной руды (знаменатель)

Показатель	Время измельчения, мин						
	0	3	5	10	20	30	60
Содержание класса -0,074 мм, %	<u>12,8</u> 5,4	<u>32,6</u> 23,5	<u>44,7</u> 34,4	<u>67,2</u> 55,8	<u>87,2</u> -	<u>-</u> 86,3	<u>99,4</u> 95,5
Прирост содержания класса -0,074 мм, %	<u>0</u> 0	<u>19,8</u> 17,7	<u>31,9</u> 28,6	<u>54,4</u> 50	<u>74,4</u> -	<u>-</u> 79,5	<u>86,6</u> 89,7
Производительность по исходному питанию, кг/ч	-	<u>64,22</u> 59,67	<u>38,53</u> 35,8	<u>19,27</u> 17,9	<u>9,63</u> -	<u>-</u> 5,97	<u>3,21</u> 2,98
Удельная производительность по вновь образованному классу -0,074 мм, т/м ³ ч	-	<u>0,831</u> 0,69	<u>0,803</u> 0,67	<u>0,685</u> 0,585	<u>0,468</u> -	<u>-</u> 0,31	<u>0,182</u> 0,175

Результатом успешного выполнения практического задания считается правильно выбранная формула, правильное решение, правильная подстановка единиц измерения.

Практическая работа № 2.

Тема: Определение оптимальных размеров шаров (стержней) и режим их догрузки в мельницу.

Тип практического задания – расчетная работа

Устные вопросы по теме практического задания:

Шары какого размера применяются в 1, 2, 3 стадиях измельчения?

От каких факторов зависит выбор типоразмера шара?

Чем цельпес отличается от шара?

Скажите диапазон удельного расхода шаров при измельчении медных и медно-цинковых руд.

Практическое задание 1: Определить оптимальный размер шаров и режим догрузки в мельницу МШЦ 2700×3600, работающую в замкнутом цикле I стадии измельчения. Руда сплошная колчеданная медно-цинковая; $\sigma_{сж}=140$ МПа; $d_{95}=20$ мм; $K_z=0,64$; $\alpha_{0,074}=8,3\%$; $\beta_{0,074}=43\%$; $q_0=2,32$ т/м³ч.

Практическое задание 2: Определить оптимальный размер шаров и режим догрузки в мельницу МШЦ 3600×5500. Условия работы мельницы: руда - вкрапленная сульфидная медно-никелевая; $\sigma_{сж}=220$ МПа; $d_{95}=1,6$ мм; $K_z=0,61$; $\alpha_{0,074}=52,5\%$; $\beta_{0,074}=88,3\%$; $q_0=1,56$ т/м³ч.

Практическое задание 3: Определить оптимальный размер стержней и режим их догрузки в мельницу МШЦ 3200×4500. Условия работы мельницы: руда - медно-цинковая сплошная колчеданная; $\sigma_{сж}=120$ МПа; $d_{95}=27$ мм; $K_z=0,73$; $q_0=6,25$ т/м³ч.

Результатами успешного выполнения практического задания считаются: правильно выбранная формула, правильное решение, правильная подстановка единиц измерения.

Практическое работа № 3.

Тема: Изучение методики проведения экспериментов по имитации замкнутого цикла в мельнице. Расчет циркулирующей нагрузки для одностадиальной схемы измельчения.

Тип практического задания – расчетная работа

Устные вопросы по теме практического задания:

Какая методика проведения эксперимента шарового измельчения в замкнутом цикле?

Какой критерий свидетельствует о том, что цикл замкнулся?

Чему равна циркулирующая нагрузка в замкнутых стадиях измельчения?

Практическое задание 1: Изучить методику проведения экспериментов по имитации замкнутого цикла в мельнице периодического действия на примере измельчения свинцово-цинковой руды до крупности 100% -0,2 мм.

Насыпная плотность подготовленного к измельчению продукта крупностью 4,7-0 мм составляет 1,749 кг/дм³. Содержание класса -0,2 мм в исходном продукте равно 19 %. Масса первоначальной навески 3211 г.

Практическое задание 2: Рассчитать величину циркулирующей нагрузки (в %) для одностадиальной схемы измельчения (рис.) по результатам опробования, приведенным в таблице.

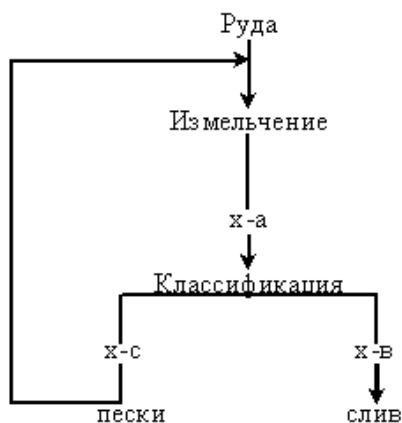


Рис. Схема замкнутого цикла измельчения

Данные к заданию:

Содержание расчетного класса

Точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
a	23	50	38	30	34	20	35	45	25	40	25	50	30	34	35	25	25	40	40	45
b	60	95	80	70	85	65	84	90	63	80	60	90	70	85	85	65	65	80	70	85
c	15	30	24	10	15	12	25	25	10	25	10	30	11	20	25	15	10	20	15	20

Результатами успешного выполнения практического задания считаются: правильно выбранная формула, правильное решение, правильная подстановка единиц измерения.

Практическое работа № 4.

Тема: Расчет основных показателей производительности структурных элементов секции по исходному питанию.

Тип практического задания – расчетная работа

Устные вопросы по теме практического задания:

Какие схемы измельчения вы знаете?

От каких факторов зависит циркулирующая нагрузка в замкнутой схеме измельчения?

Что необходимо сделать для увеличения тонины помола в замкнутой стадии измельчения?

Практическое задание: На обогатительной фабрике в I стадии измельчения установлены две мельницы МШР 3600×5000 объемом 45 м³ каждая и во II стадии – две мельницы МШЦ 3600×5500 объемом 48 м³ каждая. Производительность секции составляет 220 т/ч. Рассчитываем основные показатели производительности структурных элементов секции по исходному питанию.

Результатами успешного выполнения практического задания считаются: правильно выбранная формула, правильное решение, правильная подстановка единиц измерения.

Практические работы по теме модуля: «Теория и технология флотации»

Практическое задание № 1 по теме «Ионно-молекулярное состояние флотореагентов в жидкой фазе».

Задание: Оцените целесообразность применения модификаторов при флотации:

- а) колчеданных руд;
- б) вкрапленных сульфидных руд;
- в) окисленных руд.

Пример задания. При флотационном обогащении галенита из малосульфидной свинцово-цинковой руды в качестве регулятора среды используют соду и в качестве активатора окисленных минеральных форм свинца – сернистый натрий. Дайте оценку использования сернистого натрия с учетом гидролиза; и с учетом известного факта об оптимальной флотируемости галенита в нейтральной среде.

Удовлетворительным результатом успешного выполнения практического задания считается умение магистранта оценить целесообразность применения номенклатуры модификаторов, правильные ответы на все поставленные устные вопросы и вопросы мини контрольной работы.

Оценка теоретических знаний:

1) Устные вопросы по теме практического занятия:

- 1) Дать представление гидролиза.
- 2) Вычислить гидролиз реагента.
- 3) Схематически строить диаграмму состояния реагента в жидкой фазе.
- 4) Рассмотреть влияние гидролиза на состояние реагента, применить к практике флотации.

2) *Мини контрольная работа:*

- 1) Дать определение процесса гидролиза реагентов. Акцентировать влияние на рН.
- 2) Классифицировать предложенную структурную химическую формулу соединению Na₂S:
 - название реагента,
 - назначение реагента во флотации,
 - неорганическая или органическая природа,
 - молекулярная или ионная форма.
- 3) Рассчитать концентрацию в жидкой фазе (г/л и моль/л) Na₂S · 9H₂O, исходя из расхода реагента 100 г/т и содержания твердого.

Практическое задание № 2 по теме «Модификаторы. Механизм их действия и выбор при флотации упорных руд цветных металлов».

Задание: Оцените выбор модификаторов при флотации:

- а) колчеданных руд
- б) вкрапленных сульфидных руд
- в) окисленных руд

Пример задания. При переработке медно-никелевой руды изменился вещественный состав руды – повысилось содержание пирротина. Традиционно используемый метод

предварительной продолжительной аэрации пульпы привел к снижению технологических показателей. Пересмотрите реагентный режим с целью снижения флотоактивности пирротина.

Удовлетворительным результатом успешного выполнения практического задания считается умение магистранта пересмотреть существующий реагентный режим на основании ранее полученной информации, правильные ответы на все поставленные устные вопросы и 80 % правильных ответов на вопросы теста.

Оценка теоретических знаний:

1) Устные вопросы по теме практического занятия:

- 1) Дать определение модификаторам.
- 2) Классифицировать по технологической роли.
- 3) Классифицировать по механизму действия.
- 4) Скомпоновать реагентный режим, исходя из данных вещественного состава.

2) Тестирование:

№	Вопрос	Варианты ответов		
		1	2	3
1	Выберите причину, которой обусловлен ассортимент флотационных реагентов при разработке реагентного режима флотации	вещественным составом руды	наличием в руде различных минералов извлекаемого элемента	крупностью выделения ценного компонента
2	Назовите, чем обусловлено влияние значения pH на эффективность флотуемости минералов	конкуренцией ионов H^+ или OH^- и с собирателем при взаимодействии с минеральной поверхностью	достижением оптимального пенообразования	влияет на состояние флотореагентов в жидкой фазе
3	Дайте оценку возможности следующих реагентов изменять pH	керосин	известь	известковое молоко
4	Применить на практике для подавления пирита целесообразно	цианид натрия	серную кислоту	известь
5	Применить на практике для подавления минералов пустой породы целесообразно	алкилсульфаты	жидкое стекло	соду
6	Роль кислорода в процессе флотации	активатор	подавитель	собиратель
7	Выберите механизм действия смеси цинкового купороса и сульфоксидных соединений	вытеснение собирателя	гидрофилизация поверхности за счет тонкодисперсных осадков	растворение
8	Применить для активации окисленных форм меди (карбонатов) целесообразно	собиратель	сернистый натрий	сульфат меди
9	Применить для подавления галенита целесообразно	цианидный метод	перманганат метод	сульфоксидный метод
10	Применить для активации сфалерита целесообразно	медный купорос в слабокислой среде	медный купорос в известковой среде	цинковый купорос в нейтральной среде

Практическое задание № 3 по теме «Выбор и обоснование режима разделения коллективных Pb-Cu, Pb-Zn, Cu-Zn, Cu-Mo и Zn-Py концентратов».

Задание: Оцените выбор режима селекции при коллективной схеме флотации:

- а) колчеданных руд
- б) вкрапленных сульфидных руд
- в) окисленных руд

Пример задания. При переработке полиметаллической руды изменился вещественный состав руды – повысилось содержание золота. Традиционно используемый цианидный метод селекции медно-свинцового концентрата привел к существенным потерям золота. Пересмотрите реагентный режим селекции с целью снижения потерь золота.

Удовлетворительным результатом успешного выполнения практического задания считается умение магистранта самостоятельно составлять суждение об изменении реагентного режима, правильные ответы на устные вопросы и 80 % правильных ответов на вопросы теста.

Оценка теоретических знаний:

1) Устные вопросы по теме практического занятия:

- 1) Дать определение циклам десорбции и селекции.
- 2) Соотнести вещественный состав и реагентный режим селекции.
- 3) Систематизировать реагентные режимы селекции.
- 4) Скомпоновать реагентный режим, исходя из данных вещественного состава.

2) Тестирование:

№	Вопрос	Варианты		
		1	2	3
1	Назвать флотореагент, который используют при десорбции сульфидильного собирателя с поверхности	сернистый натрий	кислоту	температуру
2	Назвать функцию активированного угля при десорбции	активатор	сорбент	окислитель
3	Выявите причины замены цианида на бесцианидные технологии селекции медно-свинцовых концентратов	токсичность	присутствие вторичных сульфидов меди	присутствие золота
4	Решите при использовании сернистого натрия при селекции медно-молибденового концентрата применяют	окислительные условия	восстановительные условия	ионный обмен
5	Предложите реагентный режим для селекции свинцово-цинковых руд	цианид	цинковый купорос	сульфат железа
6	Акцентировать внимание на рН при селекции медно-цинкового концентрата сульфоксидным методом	рН=8	рН=12	рН=9,5
7	Сообщите при перманганатном способе селекции медно-свинцового концентрата сульфиды распределяются следующим образом:	пенный продукт – галенит; камерный - халькопирит	пенный продукт – галенит, вторичные сульфиды меди; камерный - халькопирит	пенный продукт – сульфиды меди; камерный - галенит
8	Решите при использовании сульфоксидного метода	вторичные сульфид меди остаются в	вторичные сульфиды меди флотируются в концентрат	зависит от температуры при тепловой обработке

	Бакинова при селекции медно свинцового концентрата	камерном продукте		
9	Оцените решения о получении цинка камерным продуктом является следствием	присутствия марматита	присутствия вторичных сульфидов меди	присутствия природноактивированной модификации сфалерита
10	Сообщите о причины применения низкомолекулярных органических депрессоров меди вместо пропарки с сернистым натрием	возрастают потери халькопирита с молибденовым концентратом	органические депрессоры более экологичные	экономия энергоресурсов

Практическое задание № 4 по теме «Флотомашин. Классификация. Область применения. Расчет камерных флотомашин».

Задание. Дать оценку процессу минерализации пузырьков. Систематизировать типы флотомашин при флотации:

- а) руд цветных металлов,
- б) растворимых солей,
- в) угля.

Пример задания. На проектируемой обогатительной фабрике предполагается перерабатывать медно-цинковую руду с неравномерной вкрапленностью. Произведите оценку существующих флотомашин и предложите тип флотомашин для грубозернистого материала (35-40 % класса минус 74 мкм) с целью выведения тонких раскрытых частиц халькопирита.

Удовлетворительным результатом успешного выполнения практического задания считается умение магистранта анализировать вещественный состав сырья, выявлять взаимосвязь между типами флотомашин и извлекаемым минералом, его гранулометрической характеристикой, правильные ответы на устные вопросы и 80 % правильных ответов на вопросы теста.

Оценка теоретических знаний:

1) Устные вопросы по теме практического занятия:

- 1) Дать определение элементарному акту флотации.
- 2) Оценить вклад составляющих сил в вероятность флотации.
- 3) Сформулировать взаимосвязь между крупностью пузырьков воздуха и частиц.
- 4) Выявить взаимосвязь между типом аэратора и крупностью.
- 5) Сформулировать взаимосвязь между крупностью извлекаемых минералов и типом флотомашин.

2) Тестирование:

	Вопрос	Варианты ответов		
		1	2	3
1	Дайте определение элементарного акта флотации	столкновение пузырька и частицы	закрепление воздушного пузырька на минеральной частице с образованием трехфазного периметра смачивания	адгезия частиц
2	Проверьте утверждение, что вероятность столкновения ($P_{ст}$) пузырька и частицы определяется	гидродинамическими условиями доставки пузыря	гидрофобным взаимодействием между частицей и пузырем	соотношением пузырька воздуха и частицей
3	Распознайте формулу для вычисления показателя флотации:	$F = - \int_{h_0}^{h_1} P(h)$	$F = \sigma_{ж-г}(1 + \cos\Theta)$	$F = \sigma_{ж-г}(1 - \cos\Theta)$

4	Сообщите диапазон соотношения размера частицы и пузыря, повышающий вероятность флотации	4-10	0,6-0,8	0,09-0,08
5	Выберите в каких условиях действует уравнение Фрумкина-Кабанова	динамические	любые	статические
6	Сообщите роль капиллярных сил при элементарном акте флотации	притяжение при столкновении	отталкивание при закреплении частицы на пузырьке	не влияет
7	Классифицировать флотомашину можно	по числу камер	по типу аэрации	по типу минерального сырья
8	Укажите, каким образом осуществляется подача пульпы в пенном сепараторе	пульпа подается в боковой карман	пульпа подается сверху на слой пены	пульпа и воздух подаются противотоком
9	Применить на практике пневматические флотомашину	для флотации тонкоизмельченной колчеданной руды цветных металлов	для флотации зернистых апатитовых руд	для очистки сточных вод
10	Флотационный аппарат в котором зона минерализации и зона выделения ценного компонента разделены	механическая флотомашина	пенный сепаратор	реактор-сепаратор

Практическое задание № 5 по теме «Взаимосвязь вещественного состава и реагентного режима».

Задание. Продемонстрировать аргументы при выборе реагентного режима флотации в зависимости от вещественного состава минерального сырья:

- а) колчеданных руд
- б) вкрапленных сульфидных руд
- в) окисленных руд

Пример задания. В медно-цинковой руде повысилось содержание вторичных сульфидов меди с 10 до 30 %. Проведите изменения реагентных режимов в измельчении и флотации, чтобы исключить потери меди с хвостами флотации и снизить потери цинка с медным концентратом.

Удовлетворительным результатом успешного выполнения практического задания считается умение магистранта анализировать исходную информацию, предлагать решения, корректировать существующую технологию, защищать свои решения, работать в команде, правильные ответы на устные вопросы и 80 % правильных ответов на вопросы теста.

Оценка теоретических знаний:

1) Устные вопросы по теме практического занятия:

- 1) Дать определение вещественного состава руд.
- 2) Оценить вклад составляющих вещественного состава при выборе реагентного режима.
- 3) Обосновать выбор флотореагентов в соответствии с вещественным составом.
- 4) Сообщить последовательность подачи флотореагентов.

2) Тестирование:

	Вопрос	Варианты ответов		
		1	2	3
1	Выберите основные элементы вещественного состава, влияющие на выбор ассортимента флотореагентов	исходное содержание ценного компонента	минеральная форма ценного компонента	состояние поверхности

				ценного минерала
2	Причины, которыми вызвана необходимость расширения ассортимента собирателей	для каждого минерала желателно иметь свой собиратель	вещественным составом руды	устойчивостью реагента при разных значениях рН
3	Использовать следующую последовательность подачи флотореагентов в процесс для достижения технологического результата при флотации сульфидной руды цветных металлов	регулятор среды, модификаторы (активатор, депрессор), собиратель, пенообразователь	пенообразователь, модификатор (подавитель), собиратель, регулятор среды	регулятор среды, пенообразователь
4	Назовите модификатор, который выполняет несколько функций при флотации колчеданной руды цветных металлов.	Сода	олеат натрия	известь
5	Опознайте типовой расход сернистого натрия, который подается в измельчение для предотвращения окисления и растворения вторичных сульфидов меди	200 г/т	50 г/т	1000 г/т
6	Вспомните какой регулятор среды обеспечивает максимальную флотационную активность пирита	Сода	гидроксид натрия	известь
7	Дайте определение «голодный» реагентный режим	минимальный расход флотореагентов для флотации флотоактивных минералов	1% от расхода собирателя по всей схеме флотации.	отсутствие в реагентном режиме пенообразователя
8	Укажите правильную фразу	аполярные собиратели используют для молибденита, угля	сульфгидрильные собиратели используют для флотации молибденита	сульфгидрильные собиратели используют для флотации гематита
9	Сообщите, что температурная обработка пульпы сульфидных руд	интенсифицирует процесс окисления ряда сульфидов	приводит к разложению сульфгидрильных собирателей	результаты зависят от величины температуры
10	Сформулируйте наиболее перспективный способ повышения контрастности технологических свойств при флотационном разделении	энергетическое воздействие	выбор модификаторов	выбор селективных собирателей

Практическое задание № 6. Итоговое комплексное практическое задание.

Тема «Разработка технологии флотации» .

Задание: Пересмотреть существующую технологию флотации. Предложить принципиальную схему переработки:

- а) колчеданных руд,
- б) вкрапленных сульфидных руд,
- в) окисленных руд.

Пример задания. При обогащении медно-молибденовых руд, содержащих кроме медных минералов и молибденита пирит и свободное золото, необходимо выделить медный, молибденовый, пиритный концентраты и золотосодержащий продукт. Предложите принципиальную технологическую схему и реагентный режим флотации для переработки этих руд.

Удовлетворительным результатом успешного выполнения практического задания считается: умение магистранта составлять техническое задание, анализировать, разрабатывать технологические решения, прогнозировать конечные результаты процесса взаимодействовать в команде, защита решений, разработка принципиальной технологической схемы и реагентного режима флотации на основе представленного вещественного состава, 80 % правильных ответов на вопросы теста.

Оценка теоретических знаний:

1) Тестирование:

№	Вопрос	Варианты ответов		
		1	2	3
1	Укажите основное назначение межстадиальной флотации	вывод породных минералов	вывод легко флотируемых фракций ценного минерала	выделение пирита
2	Сформулируйте с какими основными классами теряются ценные минералы	+0,2 мм	+0,1 мм	-0,02 мм
3	Сообщите основные схемы флотационного обогащения руд	прямая селективная флотация, коллективная флотация с последующим разделением на собственные концентраты частично селективно-коллективная флотация	обратная флотация	межстадиальная флотация
4	Сообщите, что прямая селективная флотация применяется при содержании сульфидной серы	<18%	>40%	>25%
5	Укажите, что частично коллективно-селективная схема флотации применяют	при повышенном исходном содержании вторичных сульфидов меди	при наличии активированной катионами меди модификации сфалерита	при содержании серы сульфидной серы >40%
6	Объясните причину стадийного измельчения колчеданной руды	наличие мягких сульфидных минералов	для вывода пирита	снижение энергетических затрат
7	Предложите мероприятия по снижению влияния шламов на флотацию	раздельная флотация песков и шламов	применение супертонкого измельчения	использование пептизаторов
8	Сформулируйте назначение анализа технологических схем флотации	выяснение причин потерь компонента с различными классами крупности руды и сротками	снижение отрицательного влияния ионного состава оборотных и сбрасываемых вод на окружающую среду	повышение технологических показателей флотации
9	Определите цель изучения кинетики флотационного обогащения в различных операциях обогащения руды	определение необходимого (достаточного) времени флотации в разных операциях для обеспечения обоснованного выбора типа и количества флотационных камер	достижение наиболее высоких показателей флотации	обеспечение стабильного протекания процесса флотации в каждой операции
10	Приведите традиционный ассортимент подачи	регулятор среды и неионогенные собиратели	регулятор среды, подавители или активаторы	собиратели

флотационных реагентов мельницы			
------------------------------------	--	--	--

Практические работы по теме модуля: «Технология и техника обогащения медных и медно-цинковых руд»

Практическое задание № 1.

Тема: Вещественный состав медно-цинковых руд и выбор схемы их обогащения.

Тип практического задания – расчетная работа.

Устные вопросы по теме практического задания:

- 1) Дать определение вещественного состава руд.
- 2) Оценить вклад составляющих вещественного состава при выборе реагентного режима.
- 3) Обосновать выбор флотореагентов в соответствии с вещественным составом.
- 4) Сообщить последовательность подачи флотореагентов.
- 5) Обосновать схему измельчения и флотации

Тестирование:

1. Какой вид анализа используют для определения раскрываемости медных и цинковых минералов:

1. химический;
2. фазовый;
3. спектральный;
4. гранулометрический;
5. минералогический;
6. метод растровой электронной микроскопии с рентгеноструктурным микроанализом;

2. Руда с какими текстурно-структурными особенностями считается труднообогатимой:

1. массивная;
2. полосчатая или слоистая;
3. брекчиевая;
4. колломорфная;
5. со структурой распада твердых растворов;
6. катакластическая;

3. Какой из приведенных минеральных составов характеризует колчеданные медно-цинковые руды:

1. Пирит, арсенопирит, серицит-хлоритовые сланцы, кварц;
2. Халькозин, халькопирит, борнит, галенит, сфалерит, пирит, кварц, алюмосиликаты;
3. Халькопирит, сфалерит, пирит, пирротин, кварц, алюмосиликаты, блеклая руда;
4. Кварц, серицит-хлоритовые сланцы, броншантит, халькозин, ковеллин;
5. Кварц, серицит-хлоритовые сланцы, тетраэдрит, галенит, золото, сфалерит, халькопирит.

4. Какие морфологические типы пирита характеризуются повышенной

шламуемостью:

1. идиоморфный;
2. гипидиоморфный;
3. концентрически-зональный;
4. кружевной;
5. фрамбоидальный;
6. глобулярный;
7. осколочный;
8. реликтовый.

5. Какой из реагентных флотационных способов разделения медных и цинковых минералов применяется для колчеданных руд:

1. Цианидный метод;
2. Сульфоксидный метод;
3. Конго красный, железо-цианистые соли+цинковый купорос (сернистый натрий);
4. Органический депрессор сфалерита и пирита;
- 5

6. Какие формы нахождения золота способствуют наибольшему его обогащению методом:

1. наличие амальгируемого золота (с чистой поверхностью) более 30,0%;
2. наличие золота, покрытого окисными пленками, и золота с чистой поверхностью более 25,0%;
3. наличие золота, заключенного в сульфидах более 20,0%;

7. Какие формы нахождения золота и его крупность определяют применение гравитационных методов обогащения

1. наличие амальгируемого золота с чистой поверхностью более 30,0 при крупности более 100 мкм;
2. наличие золота, покрытого окисными пленками, и золота с чистой поверхностью более 25,0 % и крупностью менее 100,0 мкм;
3. наличие золота, заключенного в сульфидах более 20,0 % при крупности 50 мкм;

8. При повышенном содержании какого компонента в руде применяют технологические схемы с предварительной отмывкой:

1. оксида алюминия;
2. оксида кремния;
3. оксида алюминия и оксида кремния;
4. окисленных медных минералов;

9. Какой из приведенных способов повышения качества концентрата не относится к физико-механическим:

1. механическая оттирка;
2. доизмельчение;
3. применение сочетания слабого и сильного собирателя;
4. аэрационно-тепловое кондиционирование.

10. При каких условиях будет наблюдаться максимальное извлечение золота из медно-цинковых руд:

1. pH -6,0, использование в качестве собирателя бутилового ксантогената; использование сочетания Na_2S и ZnSO_4 ;
2. pH -9,0, использование в качестве собирателя AEROPFINE 3418A;
3. pH -11,0, использование в качестве собирателя AEROPFINE 3418A и бутилового ксантогената; использование сочетания Na_2S и ZnSO_4

Практическое задание:

Разработать схему обогащения руды при содержании в руде меди - 1,79%, цинка - 1,31 %, золота - 1,55 г/т и серебра - 32,28г/т, планируется к переработке 1 нитка дробления,

3-х стадийная схема измельчения - при содержании после 3-ей стадии – 90,0% кл.-74мкм и флотации, при этом необходимо получить следующие показатели обогащения:

- медный концентрат, содержащий меди - 20,01%, цинка - 4,33%, золота - 9,75 г/т и серебра - 114,06 г/т, при извлечении меди - 86,0%, цинка - 25,5%, золота - 50,8%, серебра - 42,2%.

- цинковый концентрат, содержащий меди - 2,22%, цинка - 50,24%, золота - 2,78г/т и серебра - 94,6г/т, при извлечении меди - 1,5%, цинка - 45,2%, золота - 2,2%, серебра - 5,4%.

Отличительной чертой проведения кейс-стадии является формирование не менее 2-х команд. Командам выдается одинаковое задание. Дается время на подготовку. Защита командного решения.

Результатом успешного выполнения практического задания считается формирование понимания степени влияния вещественного состава перерабатываемых медно-цинковых руд на выбор схемы обогащения и реагентного режима флотации; 80% правильных ответов на вопросы теста.

Практическое задание № 2.

Тема: «Расчет модификаций качественно-количественных и водно-шламовых схем измельчения и классификации».

Тип практического задания – расчетная работа.

Устные вопросы по теме практического задания:

1) Оценить преимущество открытого или замкнутого цикла по стадиям измельчения;

2) Назвать основные положения при выборе того или иного типа мельницы;

3) Рассчитать циркулирующие нагрузки по стадиям измельчения;

4) Назвать пути повышения содержания класса менее 74 мкм в сливах г/ц.

Мини контрольная работа:

Рассчитать необходимый объем барабанов мельниц для доизмельчения промпродукта, если объем барабанов мельниц для измельчения руды до крупности доизмельченного продукта $V_1=10 \text{ м}^3$, объем барабанов мельниц для измельчения руды до крупности недоизмельченного промпродукта $V_2=6 \text{ м}^3$, а выход промпродукта $Y_{\text{п}}=30,0\%$.

Практическое задание: Расчёт качественно-количественной и водно-шламовой

с
х
е

м - для питания I медной «головки» требуется продукт с содержанием класса 74 мкм в 55-60%, что соответствует просеву 80% материала через сито с ячейкой в 155 мкм;

- в третьей стадии измельчения требуется получить содержание класса менее 85% - 74 мкм; $Q_{\text{исх}} = 200 \text{ т/ч}$.

р *Результатом успешного выполнения практического задания* считается формирование понимания степени влияния схем измельчения на степень раскрытия минералов меди и цинка и как следствие - на качество получаемых концентратов, правильное решение мини-контрольной работы

т
а

Практическое задание № 3.

д **Тема:** «Расчет модификаций качественно-количественных и водно-шламовых схем флотации».

а *Тип практического задания* – расчетная работа.

л *Устные вопросы по теме практического задания:*

ь 1) Классификация процессов флотации;

н 2) Назвать основные виды флотационных схем;

о
г
о

3) Каким образом учитывается минутный дебит пульпы при расчете флотомашин;

4) В каких случаях при расчете флотомашин целесообразно вводить корректировку по продолжительности флотации за счет выхода пульпы в пенный продукт?

Тестирование:

1. Какой из составов соответствует цинковому концентрату, полученному из колчеданных руд:

1. Cu-0.9%; Zn-50.3%; Fe-9-11%; S-36,3%; Cd-0,12%; Pb-0,15-0,58%; SiO₂ – 0,4-3,5%;
2. Cu-0.4%; Zn-56,8%; Fe-4-5%; S-31,3%; Cd-0,25%; Pb-1,30%; SiO₂ – 3,5-5,0%;
3. Cu-3,56%; Zn-46,5%; Fe-8,0%; S-33,3%; Cd-0,26%; Pb-2,78%; SiO₂ – 14,9%;

2. Для медно-цинковых руд, в которых медные минералы представлены в основном халькопиритом (вторичных медных минералов до 10%), характерной чертой для данных руд является взаимное прорастание медных минералов с пиритом, и цинковых минералов с пиритом, и менее взаимным прорастанием медных и цинковых минералов друг с другом применяются схемы флотации:

1. коллективная;
2. прямая селективная;
3. частично коллективно-селективная;
4. селективно-коллективно-селективная;

3. Схемы с промпродуктовой флотацией применяются для руд:

1. с преобладанием цинковых минералов над медными с соотношением содержаний в руде 1 : 2,5(5,0);

2. с преобладанием медных минералов над цинковыми, с соотношением содержаний в руде 2,5(3) : 1;

3. тенантитсодержащих руд, характеризующаяся более тонким взаимным прорастанием медных минералов (халькопирита, тенантита) с цинковыми минералами и с пиритом;

4. в которых медные минералы представлены на 50% вторичными медными минералами и содержание пирита составляет более 75% от общей массы руды

5. с присутствием не только пирита, но и пирротина более 30%;

4. Какие физико-механические методы повышения качества цинкового концентрата применяются для колчеданных медно-цинковых руд с присутствием не только пирита, но и пирротина более 30%:

1. механическая активация(оттирка) + аэрация+тепловое кондиционирование+ доизмельчение;

2. аэрация+тепловое кондиционирование+ доизмельчение;

3. аэрация+тепловое кондиционирование;

4. аэрация+ доизмельчение;

5. Какие показатели оборотных вод отрицательно влияют на флотацию медных и цинковых минералов:

1. pH воды более 12,0;

2. pH воды менее 6,0;

3. содержание ионов Cu-0,5 мг/л; Zn-0,13 мг/л; Fe-0,32-1,09 мг/л; SO₄- 2390мг/л;

4. содержание ионов Cu-4,0 мг/л; Zn-53-71 мг/л; Fe-27 мг/л; SO₄- 2590 мг/л;

6. Какая формула расчета количества воды при расчете водно-шламовой схемы

верна:

$$1. \quad W = \frac{(100 - \% \text{ТВ})}{\% \text{ТВ}} * Q_n$$

$$2. \quad W = R * Q_n$$

$$3. \quad W = R * \frac{(Y * Q_{\text{исх}})}{100}$$

7. Схемы с межстадиальной флотацией при обогащении медно-цинковых руд применяют для:

1. выделения концентратов медных «головок»;
2. выделения концентратов цинковых «головок»;
3. отделения полезных компонентов от пустой породы;

8. Схемы с получением цинка камерным продуктом применяют для медно-цинковых руд, в которых:

1. цинк природноактивирован;
2. соотношение содержаний меди к цинку 1:3;
3. соотношение содержаний меди к цинку 1:1(0,5);

9. Аэрационно-тепловое кондиционирование пульпы при обогащении медно-цинковых руд применяют для:

1. депрессии халькопирита
2. депрессии пирита;
3. депрессии пустой породы;

10. Доизмельчение концентратов основных флотаций проводится с целью:

1. повышения извлечения полезного компонента в концентрат;
2. повышения содержания полезного компонента в концентрате;
3. снижения циркуляционных нагрузок перечистных операций.

Практическое задание:

Задание: Расчет качественно-количественной и водно-шламовой схем медного цикла селективной схемы флотационного обогащения золотосодержащей медно-цинковой руды.

Исходные данные: $Q_{\text{исх}} = 200$ т/ч, удельный вес руды – 3,85 г/м³

Содержание в руде: Cu – 0,87%, Zn – 2,71%, Au- 2,54г/т;

Содержание в Cu к-те: Cu – 15,8%, Zn – 4,20%, Au- 29,4г/т;

Содержание в Zn к-те: Cu – 2,35%, Zn – 45,8%, Au- 4,10 г/т

Извлечение: Cu в Cu к-т – 78%, Au- 50,0%;

Zn в Zn к-т – 55%, Au- 5,33%;

В отв.хвосты: Cu к-т – 12%, Zn – 37%, Au- 44,0%;

Содержание в промпродуктах:

в п/п III Cu перечистке: Cu – 3,77%, Zn – 2,37%, Au- 12,88г/т;

в п/п II Cu перечистке: Cu – 4,08%, Zn – 2,59%, Au- 10,47г/т;

в п/п I Cu перечистке: Cu – 1,01%, Zn – 1,78%, Au- 5,27г/т;

в к-те контрольной Cu флотации: Cu – 0,36%, Zn – 0,98%, Au- 3,50г/т;

в к-те II основной Cu флотации: Cu – 2,50%, Zn – 0,75%, Au- 15,10г/т;

в к-те I основной Cu флотации: Cu – 5,50%, Zn – 3,31%, Au- 8,00г/т;

Результатом успешного выполнения практического задания считается формирование практического умения корректировать реагентный режим в зависимости от изменяющихся условий – вещественного состава руды и крупности питания флотации; 80 % правильных ответов на вопросы теста

Практическое задание № 4.

Тема: Расчет качественно-количественных и водно-шламовых схем флотации и измельчения при проведении опробования.

Тип практического задания – расчетная работа.

Устные вопросы по теме практического задания:

- 1) Назвать методики расчета технологического и товарного извлечений;
- 2) Назвать методику и последовательность расчета технологического опробования;
- 3) Сформулировать основные принципы выбора схемы флотационного обогащения медных и медно-цинковых руд;
- 4) Привести основные формулы расчета водно-шламовых схем.

Практическое задание: Рассчитать качественно-количественную и водно-шламовую схемы опробования флотационного обогащения медно-цинковой руды.

Исходные данные: медно-цинковая золотосодержащая руда перерабатывается по схеме селективно-коллективно-селективной флотации. Разработать схему проведения оперативного и балансового опробования. Рассчитать балансы коллективного, медного и цинкового циклов флотации. Исходные данные: $Q_{исх} = 273$ т/ч, удельный вес руды – $3,85$ г/м³

Содержание в руде: Cu – 0,87%, Zn – 2,71%, Au- 2,54г/т;

Содержание в Cu к-те: Cu – 15,8%, Zn – 4,20%, Au- 29,4г/т;

Содержание в Zn к-те: Cu – 2,35%, Zn – 45,8%, Au- 4,10 г/т;

Содержание в хвостах контрольной Cu флотации – 0,20%, Zn – 2,64%, Au- 1,32 г/т;

Содержание в хвостах контрольной Zn-Пу флотации – 0,10%, Zn – 0,8%, Au- 0,56 г/т;

Содержание в хвостах контрольной Zn флотации – 0,18%, Zn – 1,70%, Au- 2,54 г/т;

Содержание в промпродуктах:

в п/п III Cu перечистке: Cu – 3,77%, Zn – 2,37%, Au- 12,88г/т;

в п/п II Cu перечистке: Cu – 4,08%, Zn – 2,59%, Au- 10,47г/т;

в п/п I Cu перечистке: Cu – 1,01%, Zn – 1,78%, Au- 5,27г/т;

в к-те контрольной Cu флотации: Cu – 0,36%, Zn – 0,98%, Au- 3,50г/т;

в к-те II основной Cu флотации: Cu – 2,50%, Zn – 0,75%, Au- 15,10г/т;

в к-те I основной Cu флотации: Cu – 5,50%, Zn – 3,31%, Au- 8,00г/т;

Результатом успешного выполнения практического задания считается формирование слушателями понятия оперативного контроля флотационного процесса, правильный расчет.

Практическое задание №5.

Тема: Расчет и выбор основного технологического оборудования.

Тип практического задания – расчетная работа.

Устные вопросы по теме практического задания:

1. Чем отличаются флотационные машины механического и пневмомеханических типов;
2. Перечислите известных поставщиков флотационных машин;
3. Перечислите требования к современным конструкциям флотационных машин;

Мини-контрольная работа:

- 1) Рассчитать по методике Бонда производительность шаровой мельницы с центральной разгрузкой диаметром - 2,7 м и длиной - 3,6м для измельчения руды средней крепости с номинальным диаметром $D_{95}=12$ мм в одну стадию при индексе работы $W_i=12$ кВтч/т.

Исходные данные: массовая доля расчетного класса минус 0,071 мм в измельченном продукте $\beta_k = 60\%$, используются шары чугунные с насыпной плотностью - 4,15 т/м³, двойная толщина футеровки составляет 0,15м; заполнение мельницы шарами - 40%; относительная частота вращения $\psi = 0,8$.

Практическое задание: Рассчитать и выбрать основное технологическое оборудование по результатам расчета качественно-количественных и водно-шламовых схем практических заданий № 3 и № 4.

Практические работы по теме модуля: «Гидрохимические методы обогащения руд» **Практическая работа № 1.1**

Тема: Расчет основных параметров технологии КВ

Тип практического задания – расчетная работа.

Устные вопросы по теме практического задания:

- Какие медные руды перерабатываются методом КВ?
- Какие свойства руды определяют схему рудоподготовки?
- От чего зависит способ складирования материала и высота штабелей?
- Как устроено основание штабеля?
- Какова плотность орошения штабелей?
- Каков средний состав продуктивных медьсодержащих растворов?

Исходные данные

1. Характеристика исходной руды (задается преподавателем)

1.1 Вещественный и минеральный состав

1.2. Физико-механические свойства (прочность, содержание глины, пористость, плотность, насыпная плотность)

2. Количество перерабатываемой руды (задается преподавателем) $Q_{исх}$

3. Коэффициент фильтрации раствора (задается преподавателем) или рассчитывается по формуле Дюпюи:

$$K_f = K_{rg} / \mu, \text{ м/сут,}$$

где K – коэффициент, зависящий от типа породы (0,5-0,7 – разномерные кварцевые песчаники; 0,03-0,05 – грубозернистые глинистые песчаники; 0,002-0,005 – сильноглинистые песчаники)

ρ – плотность раствора, кг/м³ (задается преподавателем);

g – 9,81 м/с²;

μ – вязкость раствора, Па*с (задается преподавателем).

4. Плотность орошения (задается преподавателем или выбирается по данным практики в диапазоне 5 – 20 дм³/м²*ч)

5. Средняя концентрация металла в продуктивном растворе, кг/м³ (задается преподавателем)

6. Общее извлечение металла (задается преподавателем).

Методика расчета

1. Студент, учитывая тип и физико-механические свойства руды, на основе данных практики

- выбирает схему рудоподготовки и конечную крупность складываемой руды;
- обосновывает и принимает высоту штабеля и способ складирования;
- обосновывает и принимает устройство противотрационного основания

2. Рассчитываются габариты штабеля

3. Зная площадь орошаемой поверхности (участка) S и удельный расход выщелачивающего раствора $W_{уд}$, рассчитывается расход подаваемого раствора:

$$V_{ор} = S * W_{уд}, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Способ орошения выбирается наиболее рациональный.

4. Рассчитывается продолжительность перколяции раствора через слой руды в штабеле:

$$t = h/K_{ф}, \text{ ч}$$

5. Учитывая потери раствора за счет испарения (задается преподавателем или принимается в зависимости от способа орошения и климатических условий),

рассчитывается количество раствора в штабеле:

$$V_p = t * V_{ор} / K_{исп},$$

где $K_{исп}$ – коэффициент, учитывающий потери раствора за счет испарения ($K_{исп} = 1,1-1,3$)

6. Определяется дебит продуктивного раствора:

$$V_{пр} = V_{ор} - V_p / K_{исп}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

7. Определяется масса металла извлекаемого в единицу времени в продуктивный раствор:

$$M_{пр} = V_{пр} * [C_{ме}], \text{ кг/ч},$$

где $[C_{ме}]$ – средняя концентрация извлекаемого металла в продуктивном растворе, кг/м^3

8. Рассчитывается продолжительность отработки массива:

$$T = Q_{исх} * \beta * \epsilon / 1440 M_{пр}, \text{ сут}$$

9. Определяется расход растворителя по стехиометрии основных реакций и с учетом побочных процессов, состава и объема исходного растворов.

10. Составляется схема переработки минерального сырья.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение магистранта выполнить расчёт основных параметров КВ.

Практическая работа № 2.1

Тема: Расчет конусного цементатора для цементации меди

Тип практического задания – расчетная работа.

Устные вопросы по теме практического задания:

- Основная реакция цементации меди?
- Оптимальное значение pH?
- Факторы, влияющие на перерасход осадителя?
- Устройство и принцип работы конусного цементатора?

Исходные данные:

1. Производительность аппарата по раствору Q , $\text{м}^3/\text{ч}$ (задается преподавателем);
2. Начальная C_0 и конечная C_T концентрация осаждаемого металла, кг/м^3 (задается преподавателем);
3. Диаметр частицы осадителя, м ;
4. Плотности твердой фазы ρ_T и раствора ρ , кг/м^3 ;
5. Кинематическая вязкость раствора ν , $\text{м}^2/\text{с}$;
6. Диаметр аппарата в зоне цементации D_0 и на выходе D_B , м ;
7. Высота аппарата H , м ;
8. Угол при вершине конуса α , град.

Методика расчета

1. Рассчитывается величина критериев Архимеда и Рейнольдса и определяется критическая скорость раствора, обеспечивающая вынос частицы металла из аппарата.

$$Ar = gd^2(\rho_T - \rho)/\nu^2 \rho \quad Re = Ar/18 + 0,61 \sqrt{Ar} = \omega_{кр} d/\nu$$

Поскольку плотности осадителя и осаждаемого металла могут заметно отличаться, надежнее принимать большее значение плотности.

2. Определяется сечение аппарата в области выгрузки взвеси порошка

$$F = Q/3600\omega_{кр} \quad F = \pi D^2/4, \text{ где } D \text{ внутренний диаметр аппарата, м}$$

Задаваясь D , можно определить необходимое число аппаратов.

3. Определяются габаритные размеры конуса

$$(D_B - D_0)/2H = \operatorname{tg}(\alpha/2)$$

4. Определяется диаметр аппарата в зоне цементации

$$\ln C_0/C_\tau = 3\pi(1-\varepsilon)K[H(D_0/2)^2 + H(D_0/2) \operatorname{tg}(\alpha/2) + \{H^2 \operatorname{tg}^2(\alpha/2)\}/3]/rQ,$$

где K – константы скорости реакции, ч^{-1} ; ε – порозность кипящего слоя в зоне цементации, доли ед.; r – радиус частицы, м

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение магистранта выполнить расчёт цементатора

Практическая работа № 3.1

Тема: Определение теоретического и практического числа ступеней экстракции

Тип практического задания – расчетная работа.

Устные вопросы по теме практического задания:

- Как исходные данные необходимы для построения рабочей линии экстракции?
- Чем определяется угол наклона рабочей линии экстракции?
- Как определяется число рабочих ступеней экстракции?

Исходные данные

1. Концентрация меди в исходном продуктивном растворе, г/л (задается преподавателем или принимается по данным практики КВ, ОВ или ПВ);
2. Концентрация меди в рафинате, г/л (рассчитывается в зависимости от заданной величины извлечения меди в экстракт);
3. Извлечения меди в экстракт, % (задается преподавателем);
4. Отношение объемов водной и органической фаз в процессе экстракции, доли ед. (задается преподавателем или принимается по данным практики);
5. Вид изотермы экстракции (задается преподавателем).

Методика расчета

1. По известным данным концентрации меди в исходном продуктивном растворе и извлечения меди в экстракт определяются значение концентрации меди в рафинате;
2. На графике изотермы экстракции строим рабочую линию экстракции. По уравнению $Y = KX$ находим значение Y (где X начальная концентрация меди в продуктивном растворе; K – угловой коэффициент наклона рабочей линии, $K = V_0/V_B$). Значение X соответствует концентрации меди в исходном продуктивном растворе. Проводим горизонталь через рассчитанную точку Y и восстанавливаем перпендикуляр из точки X . Пересечение прямых дает первую точку A рабочей линии экстракции. Вторая точка находится на оси X , соответствуя концентрации меди в рафинате;

3. По полученной двойной диаграмме определяем теоретическое число ступеней экстракции для достижения остаточной концентрации меди в рафинате;
4. Зная КПД аппарата, рассчитываем практическое число ступеней экстракции.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение производить расчёт числа теоретических и практических ступеней экстракции.

Практическая работа № 3.2

Тема: Расчет экстракторов смесительно-отстойного типа

Тип практического задания – расчетная работа.

Устные вопросы по теме практического задания:

- В чем суть и преимущества технологии SX-EW?
- Какие экстрагенты применяются в технологии ЖЭ меди?
- Устройство и принцип работы экстрактора смесительно-отстойного типа.

Исходные данные

1. Тип экстрактора - смеситель-отстойник (КПД аппарата принимается по литературным данным);
2. Габаритные размеры экстрактора (задаются преподавателем)
3. Отношение объемов камеры смешивания и отстаивания экстрактора 1:4;
4. Производительность по исходному раствору $Q_{\text{раст.}}$, л/мин (задается преподавателем);
5. Продолжительность смешивания фаз до установления равновесия $t_{\text{см}}$, принимается равной 2 минутам;
6. Коэффициент заполнения экстрактора эмульсией, $K_{\text{зап.}}$ равен 0,8.

Методика расчета

Расчет количества многоступенчатых экстракторов типа смеситель-отстойник рассмотрим на примере экстракции меди из сернокислого раствора экстрагентом LIX®984N. Емкость LIX®984N по меди достигает до 7 г/л.

1. Расчет проводится на полученное практическое число ступеней экстракции $n_{\text{пр}}$;
2. По заданным габаритным размерам рассчитывается объем V n -ступенчатого экстрактора, м^3 ;
3. Рассчитывается объем одного экстрактора $V_{\text{ст.}} = V/n_{\text{пр}}$, м^3 ;
4. Рассчитывается объем одной камеры смешивания ступени экстрактора $V_{\text{см.}} = V_{\text{ст.}}/5$, м^3 ;
5. Рассчитывается объем одной камеры отстаивания ступени экстрактора $V_{\text{отст.}} = V_{\text{ст.}} - V_{\text{см.}}$, м^3 ;
6. Рассчитываются рабочие объемы одной камеры смешивания и отстаивания $V^{\text{раб.}}_{\text{см}} = V_{\text{см.}} \cdot K_{\text{зап.}}$, м^3 $V^{\text{раб.}}_{\text{отст.}} = V_{\text{отст.}} \cdot K_{\text{зап.}}$, м^3 ;
7. Определяется количество поступающего в процесс экстрагента $Q_{\text{экст.}} = Q_{\text{раст.}} \cdot V_{\text{о.}}/V_{\text{в.}}$;
8. Определяем суммарное количество фаз, поступающее в процесс
 $Q_{\text{сумм.}} = Q_{\text{экст.}} + Q_{\text{раст.}}$;
9. Определяем необходимый объем смесительных камер
 $\sum V_{\text{см}} = Q_{\text{сумм.}} \cdot t_{\text{см}}$, м^3 . Необходимо учитывать, что в экстракторах непрерывного действия средняя продолжительность пребывания фаз в смесительной камере принимается в 1,5 раза больше, чем необходимо для установления равновесия, т.е. $t_{\text{см.экст.}} = t_{\text{см}} \cdot 1,5$
10. Определяем требуемое количество параллельно работающих экстракторов с рассчитанным рабочим объемом смесительной камеры $V^{\text{раб.}}_{\text{см}}$
 $N^{\text{см.}}_{\text{треб.}} = \sum V_{\text{см}} / V^{\text{раб.}}_{\text{см}}$. Полученное значение округляется до ближайшего большего. Принимаем к установке полученное количество таких экстракторов $N_{\text{экст.}}$.
11. Проверяем работу камер отстаивания рассчитанных экстракторов.

По экспериментальным данным минимальная продолжительность отстаивания для расслоения фаз составляет 10 минут.

Продолжительность отстаивания при установке полученного числа экстракторов составляет $t_{\text{отст.экст.}} = V_{\text{отст.}}^{\text{раб}} \cdot N_{\text{экст.}} / Q_{\text{сумм.}}$.

Полученное значение продолжительности отстаивания должно быть больше 10 минут.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение магистранта рассчитать необходимое количество экстракторов

Практическая работа № 4.1

Тема: Определение статической и динамической обменной емкости

Тип практического задания – расчетная работа.

Устные вопросы по теме практического задания:

- Для каких условий определяется статическая обменная емкость?
- Для каких условий определяется динамическая обменная емкость?
- О чем свидетельствует вид выходных кривых сорбции?

Определение статической обменной емкости

Статическую обменную ёмкость (СОЕ) определяют при перемешивании 1-5 г ионита и 100-200 мл раствора с определенной концентрацией металла в течение 24-48 ч. Определив остаточную концентрацию металла в растворе после сорбции, рассчитывают статическую обменную ёмкость в мг-экв/г сухой смолы.

Статическая (равновесная) обменная емкость зависит от конкретных условий, влияющих на состояние равновесия. Ее значение обычно меньше теоретически возможной емкости ионита.

Исходные данные

1. Концентрация металла в продуктивном растворе $C_{\text{исх}}$ и в рафинате $C_{\text{раф}}$, мг/дм³ (задается преподавателем);
2. Объем продуктивного раствора $V_{\text{пр}}$, дм³ (задается преподавателем);
3. Тип ионита и количество $M_{\text{ионит}}$ (принимается студентом);
4. Продолжительность перемешивания ионита с раствором принимается согласно методике;

Методика расчета

1. Определяется масса металла m , сорбированного ионитом в течение заданного времени t
 $m = (C_{\text{исх}} - C_{\text{раф}}) \cdot V_{\text{пр}}$, мг;
2. Определяется величина статической обменной емкости ионита СОЕ
 $\text{СОЕ} = m / M_{\text{ионит}} \cdot \text{мг-экв/Me}$, мг-экв/г сухого ионита.

Определение динамической обменной емкости

Обменную ёмкость в динамических условиях определяют, пропуская с постоянной скоростью раствор с известной концентрацией металла через неподвижный слой ионита, находящийся в колонке с пористым дном (2-4 объема раствора на объем набухшего ионита

в час). В выходящем фильтрате определяют концентрацию сорбируемого металла. По полученным данным строят выходную кривую сорбции (см. рисунок 1).

Исходные данные

1. Концентрация соли в продуктивном растворе $C_{исх}$, мг/дм³ (задается преподавателем);
2. Объем продуктивного раствора $V_{пр}$ до «проскока», дм³ (задается преподавателем);
3. Объем продуктивного раствора $V_{кон}$ до полного насыщения ионита, дм³ (задается преподавателем);
4. Масса сухой смолы $m_{см}$, г (задается преподавателем);
5. Величина абсолютной набухаемости смолы W , см³/г (задается преподавателем);
6. Вид сорбционной зависимости - прямая линия.

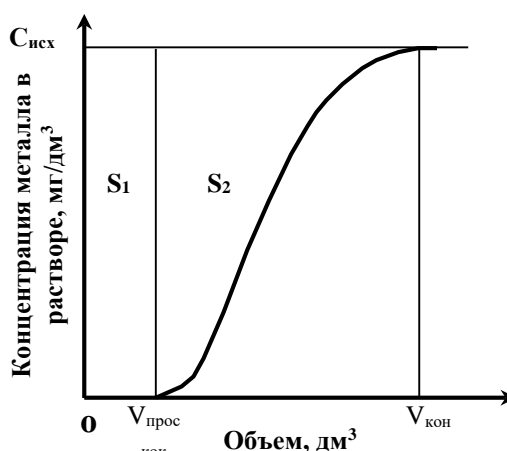


Рисунок 1 - Выходная кривая сорбции

Методика расчета динамической обменной емкости

1. По исходным данным строится выходная зависимость сорбции (по аналогии с выходной кривой сорбции, показанной на рисунке 1);
2. Определяем концентрацию сорбируемого металла в продуктивном растворе $C^{Me}_{исх} = C_{исх}$
 - $nM_{Me}/M_{соль}$, где M_{Me} – молекулярная масса металла; n – количество атомов металла в соли; $M_{соль}$ - молекулярная масса соли.
2. Определяем динамическую обменную емкость ДОЕ

$$\begin{aligned} \text{ДОЕ} &= 10^3 \cdot V_{пр} \cdot C^{Me}_{исх} / m_{см}, \text{ мг Me}^{+n}/\text{г сухой смолы} \text{ или} \\ \text{ДОЕ} &= 10^3 \cdot V_{пр} \cdot C^{Me}_{исх} / m_{см} \cdot W \cdot \text{мг-эквMe}, \text{ мг-экв Me}^{+n}/\text{см}^3 \end{aligned}$$

Методика расчета полной динамической обменной емкости

Полная динамическая обменная емкость ПДОЕ определяется экспериментально по выходной зависимости сорбции.

ПДОЕ соответствует площади фигуры, состоящей из прямоугольника с треугольником (для данных условий)

$$\text{ПДОЕ} = 10^3 \cdot [V_{пр} \cdot C_{исх} + \frac{1}{2}(V_{кон} - V_{пр}) \cdot C_{исх}] \cdot C^{Me}_{исх} / m_{см}, \text{ мг Me}^{+n}/\text{г сухой смолы} \text{ или}$$

$$\text{ПДОЕ} = 10^3 \cdot [V_{\text{пр}} \cdot C_{\text{исх}} + \frac{1}{2}(V_{\text{кон}} - V_{\text{пр}}) \cdot C_{\text{исх}}] \cdot C_{\text{исх}}^{\text{Me}} / m_{\text{см}} \cdot W \cdot \text{мг-эквMe}, \text{мг-экв} \\ \text{Me}^{+n}/\text{см}^3$$

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение магистранта рассчитать статическую и динамическую обменную емкость смолы.